

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-159860

(43)Date of publication of application : 20.06.1997

(51)Int.Cl.

G02B 6/24
G02B 6/26

(21)Application number : 08-077282

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP
<NTT>

(22)Date of filing : 29.03.1996

(72)Inventor : KOBAYASHI MASARU
IWANO SHINICHI
NAGASE AKIRA
MITACHI NARIYUKI
TAKEUCHI YOSHIAKI
ASAKAWA SHUICHIRO

(30)Priority

Priority number : 07151537
07260213Priority date : 19.06.1995
06.10.1995

Priority country : JP

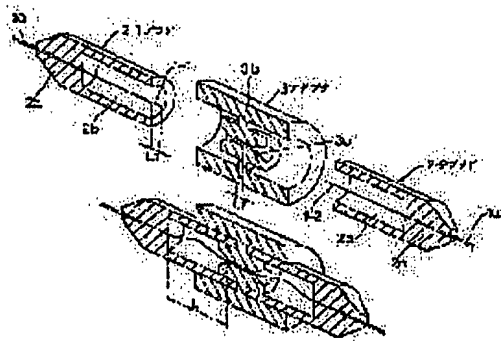
JP

(54) OPTICAL FIBER CONNECTOR

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide the connector which has high package density and excellent optical characteristics.

SOLUTION: When plugs 2-1 and 2-2 gripping optical fibers 1-1 and 1-2 with grip parts 2a respectively are inserted and fitted in an adapter 3 from both the sides, the tips of the optical fibers 1-1 and 1-2 are inserted into the array hole 3a of the adapter 3 and made to abut against each other. Then they deflect in a space 2b respectively and their connection end surfaces are pressed against each other with the buckling force of the optical fibers 1-1 and 1-2 and then surely connected together.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 25.12.1998

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.10.2001

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-159860

(43) 公開日 平成9年(1997)6月20日

(51) Int.Cl.⁶

G 0 2 B 6/24
6/26

識別記号

庁内整理番号

F I

G 0 2 B 6/24
6/26

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願平8-77282

(22) 出願日 平成8年(1996)3月29日

(31) 優先権主張番号 特願平7-151537

(32) 優先日 平7(1995)6月19日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(31) 優先権主張番号 特願平7-260213

(32) 優先日 平7(1995)10月6日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

特許法第30条第1項適用申請有り 1996年3月11日 社団法人電子情報通信学会発行の「1996年電子情報通信学会総合大会講演論文集 エレクトロニクス1」に発表

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 小林 勝

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 岩野 真一

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72) 発明者 長瀬 亮

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(74) 代理人 弁理士 三好 秀和 (外1名)

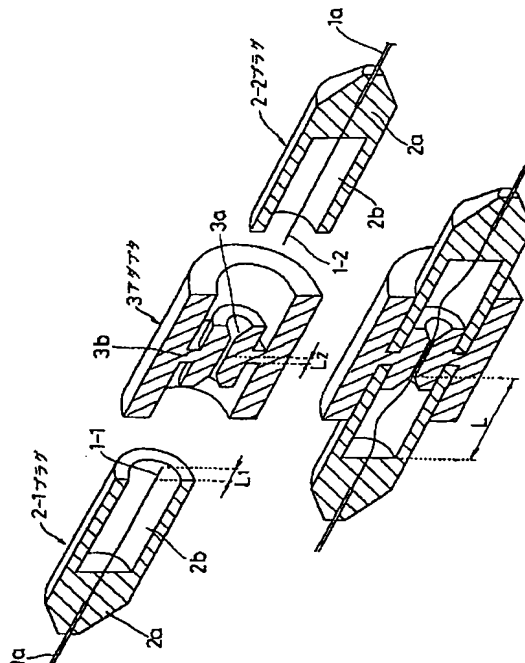
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 光ファイバコネクタ

(57) 【要約】

【課題】 実装密度が高く、光学特性の良好な光ファイバコネクタを提供する。

【解決手段】 光ファイバ1-1, 1-2をそれぞれ把持部2aで把持したプラグ2-1, 2-2をアダプタ3の両側から挿入嵌合すると、光ファイバ1-1, 1-2の先端はアダプタ3の整列孔3a内に挿入され、両光ファイバ1-1, 1-2の先端は互いに突き合わされ、空間2b内でそれぞれたわみ、光ファイバの座屈力により接続端面が押圧され、確実に接続される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 光ファイバを固定する2個のブラグと、
該ブラグ同士を相対させて接合する際に介在させるアダ
プタとを有し、

前記2個のブラグは、一端に光ファイバを片持ち梁とし
て保持する保持部を有し、他端に光ファイバがたわむた
めの空洞を有し、

前記アダプタは、前記2個のブラグを両端に接続固定す
る構造を有するとともに、半径方向の中心部に光ファイ
バを整列固定するための整列孔のある整列部材を有し、
該整列部材の前記整列孔は長さ方向の中心付近の内径が
光ファイバの心線の外径とほぼ等しく、両端部の内径は
光ファイバの心線の外径よりも大きく、テーパ状に変化
していることを特徴とする光ファイバコネクタ。

【請求項2】 前記2個のブラグを各々前記アダプタに
接合した場合、該ブラグが相互に面接触することを特徴
とする請求項1記載の光ファイバコネクタ。

【請求項3】 光ファイバを固定するブラグと、光ファ
イバを固定するジャックとを有し、

前記ブラグは、一端に光ファイバを片持ち梁として保持
する保持部を有し、他端に光ファイバがたわむための空
洞を有し、

前記ジャックは、前記ブラグと相対して接続固定する構
造、前記ブラグと接続しない側の端部に光ファイバを片
持ち梁として保持する保持部、ブラグと接続する際に光
ファイバを整列固定するための整列孔のある整列部材、
および該整列部材と前記保持部との間に形成された空洞
を有し、

該整列部材の前記整列孔は長さ方向の中心付近の内径が
光ファイバの心線の外径とほぼ等しく、両端部の内径は
光ファイバの心線の外径よりも大きく、テーパ状に変化
していることを特徴とする光ファイバコネクタ。

【請求項4】 前記ブラグは前記空洞に内接して摺動可
能な光ファイバ調心部材を有することを特徴とする請求
項1ないし3のいずれかに記載の光ファイバコネクタ。

【請求項5】 前記ブラグは複数の光ファイバを保持す
るように構成され、前記整列部材は前記複数の光ファイ
バを整列固定するための複数の整列孔を有する請求項1
ないし3のいずれかに記載の光ファイバコネクタ。

【請求項6】 前記ブラグまたはアダプタは、石英で構
成されていることを特徴とする請求項1ないし5のい
ずれかに記載の光ファイバコネクタ。

【請求項7】 前記ブラグまたはアダプタは、ホウケイ
酸ガラス、バイレックスガラスまたは結晶化ガラスで構
成されていることを特徴とする請求項1ないし5のい
ずれかに記載の光ファイバコネクタ。

【請求項8】 前記ブラグまたはアダプタは、アンバー
またはフェルニコで構成されていることを特徴とする請
求項1ないし5のいずれかに記載の光ファイバコネク
タ。

【請求項9】 前記ブラグまたはアダプタは、液晶高分
子で構成されることを特徴とする請求項1ないし5のい
ずれかに記載の光ファイバコネクタ。

【請求項10】 一端が開口した中空の座屈部および該
座屈部の他端側に形成された把持部であって、該把持部
および前記座屈部内を貫通して前記開口端部から所定の
收容余長延出している第1の光ファイバを片持ち梁式に
保持する第1の把持部を有する第1の部材と、

一方の開口部に前記第1の光ファイバの先端が挿入さ
れ、他方の開口部から第2の光ファイバが所定長挿入さ
れる整列孔、該整列孔の前記一方の開口部が形成された
端部に形成され、前記座屈部内に嵌合される嵌合部、該
嵌合部の外周部に突出して前記第2の光ファイバの先端
に相当する位置に形成され、前記座屈部の開口端部が突
き当たる突き当て面、前記整列孔の前記他方の開口部
において前記挿入された第2の光ファイバを保持している
第2の把持部を有する第2の部材とを有し、

前記第1の部材の前記座屈部の開口端部が前記第2の部
材の突き当て面に突き当たるまで前記第2の部材の前記
嵌合部を前記第1の部材の前記中空の座屈部内に挿入し
た場合、前記第1の光ファイバは前記一方の開口部から
整列孔内に挿入されて、前記第2の光ファイバと面接続
するとともに、第1の光ファイバは前記所定の收容余長
により前記座屈部内において座屈して両光ファイバの面
接続を確実にし、この座屈を発生する前記所定の收容余
長は、前記第1、第2の部材および第1、第2の光ファ
イバの熱膨張率および該第1、第2の光ファイバの放射
損失に基づいて設定されていることを特徴とする光ファ
イバコネクタ。

【請求項11】 前記第1および第2の部材の各々は、
石英、ホウケイ酸ガラス、バイレックスガラス、結晶化
ガラス、アンバー、フェルニコ、液晶高分子からなるグ
ループから選択された材料で構成されていることを特徴
とする請求項10記載の光ファイバコネクタ。

【請求項12】 中空の座屈部を備え、第1の所定の長
さおよび第1の所定の線膨張係数を有する外側筒部材、
該外側筒部材内に設けられ、一端が前記外側筒部材の一
端と一体的に形成されるとともに、該一端が開口して中
空部を構成し、第2の所定の長さおよび第2の所定の線
膨張係数を有し、該第2の所定の長さおよび第2の所定の線
膨張係数との積が前記第1の所定の長さおよび前記第1の所
定の線膨張係数との積に等しい内部筒部材、および該内
部筒部材の閉塞した他端に形成され、該内部筒部材およ
び前記座屈部を貫通して前記外側筒部材の他端である前
記座屈部の開口端部から所定の收容余長延出している第
1の光ファイバを片持ち梁式に保持する第1の把持部を
有する第1の部材と、

一方の開口部に前記第1の光ファイバの先端が挿入さ
れ、他方の開口部から第2の光ファイバが所定長挿入さ
れる整列孔、該整列孔の前記一方の開口部が形成された

端部に形成され、前記座屈部内に嵌合される嵌合部、該嵌合部の外周部に突出して前記第2の光ファイバの先端に相当する位置に形成され、前記座屈部の開口端部が突き当たる突き当て面、および前記整列孔の前記他方の開口部において前記挿入された第2の光ファイバを保持している第2の把持部を有する第2の部材とを有し、前記第1の部材の前記座屈部の開口端部が前記第2の部材の突き当て面に突き当たるまで前記第2の部材の前記嵌合部を前記第1の部材の前記中空の座屈部内に挿入した場合、前記第1の光ファイバは前記一方の開口部から整列孔内に挿入されて、前記第2の光ファイバと面接続するに際して、前記所定の収容余長により座屈部内において座屈して、両光ファイバの面接続を確実にするとともに、外側筒部材の第1の所定の長さで第1の所定の線膨張係数との積が内側筒部材の第2の所定の長さで第2の所定の線膨張係数との積に等しく、温度変化により外側筒部材および内側筒部材が伸縮しても、第1の光ファイバの所定の収容余長は変化しないことを特徴とする光ファイバコネクタ。

【請求項13】 一端が開口した中空の座屈部および該座屈部の他端側に形成された把持部であって、該把持部および前記座屈部内を貫通して前記開口部端面から所定の収容余長延出している1本または複数本の光ファイバを片持ち梁式に保持する把持部を有する第1の部材と、一端において基板部分を含み平面に加工された端面を有する1本または複数本の基板型光導波路と、前記光導波路の前記端面付近に実装され、1個または複数個の光ファイバ挿通孔を有し、前記光ファイバが前記光ファイバ挿通孔に挿通されたとき前記光ファイバおよび前記光導波路の光軸を一致させる1個または複数個の光ファイバガイドと、前記第1の部材の前記開口部端面と前記光導波路の前記端面とを嵌合させたとき、前記光ファイバガイドの前記光ファイバ挿通孔に前記光ファイバを挿入した状態となり、かつ該両端面が嵌合された状態で前記第1の部材と前記基板型光導波路とを固定する第2の部材とを有し、前記第1の部材の前記開口部端面と前記光導波路端面とを突き合わせて、前記光ファイバガイドの前記光ファイバ挿通孔に前記光ファイバを挿入した状態で前記光ファイバの先端面を前記光導波路端面に突き当てたとき、前記光ファイバは前記所定の収容余長により前記座屈部内において座屈し、座屈した該光ファイバの復元力により前記光ファイバの前記先端面と前記光導波路の前記端面同士が突き当てられる力を持続することを特徴とする光ファイバコネクタ。

【請求項14】 前記光ファイバの前記先端面は、該光ファイバの光軸に対して垂直かつ平面になるように加工されるか、またはコア付近が凸になるように球面形状に加工されるか、または劈開して形成された端面のクラッド外周部分を除去して断面積を減少させることにより形

成され、

前記光ファイバの前記先端面と前記光導波路の前記端面が突き当てられたとき、少なくとも該光ファイバおよび前記光導波路のコア部分において前記両端面の面接触が確実となることを特徴とする請求項13記載の光ファイバコネクタ。

【請求項15】 前記複数の光ファイバ挿通孔は同一部材の前記光ファイバガイドに設けられることを特徴とする請求項13または14記載の光ファイバコネクタ。

10 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、光ファイバを相互に接続するための光ファイバコネクタに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の光ファイバコネクタとして、MU形およびMT形光ファイバコネクタを説明する。

【0003】図9にMU形光ファイバコネクタを示す。図中、1は光ファイバ、2はブラグ、3はアダプタ、9はフェルールである。光ファイバ1をブラグ2内のフェルール9に固定し、端面を凸球面研磨し、これをアダプタ3内のスリーブに嵌合して光ファイバ端面を接続する。

【0004】MU形光ファイバコネクタは、単心単位で、ブラグ断面積20mm²、挿入損失平均0.05dB、反射減衰量平均50dBの光学特性が得られている。

【0005】図10にMT形光ファイバコネクタを示す。図中、1は光ファイバ、9はフェルール、10はガイドピン、11はクランプバネである。光ファイバ1をブラグに固定し、端面を研磨し、2本のガイドピン10を介してブラグ同士を突き合わせ、光ファイバ端面を接続し、クランプバネ11によりこの状態を保持する。この際、接合端面には屈折率整合剤を塗布し、反射の低減を図っている。

【0006】MT形光ファイバコネクタは、多心化が可能で、0.25mmピッチの8心コネクタの場合、ブラグ断面積20mm²、挿入損失平均0.5dB、反射減衰量は屈折率整合剤を用いて平均40dBの光学特性が得られている。

40 【0007】MU形とMT形光ファイバコネクタを比較すると、実装密度はMT形が高いが光学特性はMU形の方が良好である。光学特性の差は以下の理由による。挿入損失については接続する光ファイバの位置精度に依存する。位置精度は、MU形ではフェルールおよびスリーブの偏心度、MT形はガイドピンからの光ファイバの位置精度で決定される。偏心精度がより小さくできるので、MU形の挿入損失が小さい。反射減衰量については、光ファイバ同士の密着度に依存する。MU形では凸球面であり、光ファイバ同士が密着するが、MT形はブラグ先端からの光ファイバ端面突き出し、あるいは引き

込みのばらつきが大きく、屈折率整合剤により、空隙を埋める必要がある。そのため、屈折率整合剤の屈折率温度依存性がガラスと比較して大きいため、室温で反射減衰量が高くても、高温、あるいは低温で反射減衰量が30dB程度に低下してしまう。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】上述したように、実装密度はMT形光ファイバコネクタの方が高く、光学特性はMU形光ファイバコネクタの方が良好であり、従来、両者の利点を同時に有する光ファイバコネクタは存在しない。光伝送装置や光回路接続などの分野では、MT形光ファイバコネクタ程度の実装密度を有し、MU形光ファイバコネクタ程度の光学特性を有する光ファイバコネクタが要望されている。

【0009】本発明は、上記に鑑みてなされたもので、その目的とするところは、実装密度が高く、光学特性の良好な光ファイバコネクタを提供することにある。

【0010】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するため、請求項1記載の本発明は、光ファイバを固定する2個のブラグと、該ブラグ同士を相対させて接合する際に介在させるアダプタとを有し、前記2個のブラグは、一端に光ファイバを片持ち梁として保持する保持部を有し、他端に光ファイバがたわむための空洞を有し、前記アダプタは、前記2個のブラグを両端に接続固定する構造を有するとともに、半径方向の中心部に光ファイバを整列固定するための整列孔のある整列部材を有し、該整列部材の前記整列孔は長さ方向の中心付近の内径が光ファイバの心線の外径とほぼ等しく、両端部の内径は光ファイバの心線の外径よりも大きく、テーパ状に変化していることを要旨とする。

【0011】請求項1記載の本発明にあっては、ブラグをアダプタの両端から嵌合すると、光ファイバが整列孔内で適確に突き合わされ、光ファイバの座屈力により接続端面が押圧され、適確に接続される。

【0012】また、請求項2記載の本発明は、請求項1記載の発明において、前記2個のブラグを各々前記アダプタに接合した場合、該ブラグが相互に面接触することを要旨とする。

【0013】請求項2記載の本発明にあっては、ブラグをアダプタに接合した場合、ブラグが相互に面接触し、光ファイバは適確に接続される。

【0014】更に、請求項3記載の本発明は、光ファイバを固定するブラグと、光ファイバを固定するジャックとを有し、前記ブラグは、一端に光ファイバを片持ち梁として保持する保持部を有し、他端に光ファイバがたわむための空洞を有し、前記ジャックは、前記ブラグと相対して接続固定する構造、前記ブラグと接続しない側の端部に光ファイバを片持ち梁として保持する保持部、ブラグと接続する際に光ファイバを整列固定するための整

列孔のある整列部材、および該整列部材と前記保持部との間に形成された空洞を有し、該整列部材の前記整列孔は長さ方向の中心付近の内径が光ファイバの心線の外径とほぼ等しく、両端部の内径は光ファイバの心線の外径よりも大きく、テーパ状に変化していることを要旨とする。

【0015】請求項3記載の本発明にあっては、ブラグとジャックを嵌合すると、光ファイバが整列孔内で適確に突き合わされ、光ファイバの座屈力により接続端面が押圧され、適確に接続される。

【0016】請求項4記載の本発明は、請求項1ないし3のいずれかに記載の発明において、前記ブラグは前記空洞に内接して摺動可能な光ファイバ調心部材を有することを要旨とする。

【0017】請求項4記載の本発明にあっては、ブラグの空洞に内接して光ファイバ調心部材が設けられ、該調心部材は空洞内で摺動するようになっている。

【0018】また、請求項5記載の本発明は、請求項1ないし3のいずれかに記載の発明において、前記ブラグは複数の光ファイバを保持するように構成され、前記整列部材は前記複数の光ファイバを整列固定するための複数の整列孔を有することを要旨とする。

【0019】請求項5記載の本発明にあっては、複数の光ファイバを1個の光ファイバコネクタで同時に高密度に接続することができる。

【0020】更に、請求項6記載の本発明は、請求項1ないし5のいずれかに記載の発明において、前記ブラグまたはアダプタが石英で構成されていることを要旨とする。

【0021】請求項7記載の本発明は、請求項1ないし5のいずれかに記載の発明において、前記ブラグまたはアダプタがホウケイ酸ガラス、バイレックスガラスまたは結晶化ガラスで構成されていることを要旨とする。

【0022】また、請求項8記載の本発明は、請求項1ないし5のいずれかに記載の発明において、前記ブラグまたはアダプタがアンバーまたはフェルニコで構成されていることを要旨とする。

【0023】更に、請求項9記載の本発明は、請求項1ないし5のいずれかに記載の発明において、前記ブラグまたはアダプタが液晶高分子で構成されることを要旨とする。

【0024】請求項6ないし9記載の本発明にあっては、ブラグまたはアダプタは、石英、あるいはホウケイ酸ガラス、バイレックスガラスまたは結晶化ガラス、あるいはアンバーまたはフェルニコ、あるいは液晶高分子で構成され、これはすべて線膨張係数が $1 \times 10^{-5}/K$ 以下と小さく、温度変化で伸縮しても、光ファイバのたわみ量が低減して、光ファイバ同士の面接触が不良となったり、また光ファイバのたわみ量が增大して放射損失を増大することがない。

【0025】請求項10記載の本発明は、一端が開口した中空の座屈部および該座屈部の他端側に形成された把持部であって、該把持部および前記座屈部内を貫通して前記開口端部から所定の收容余長延出している第1の光ファイバを片持ち梁式に保持する第1の把持部を有する第1の部材と、一方の開口部に前記第1の光ファイバの先端が挿入され、他方の開口部から第2の光ファイバが所定長挿入される整列孔、該整列孔の前記一方の開口部が形成された端部に形成され、前記座屈部内に嵌合される嵌合部、該嵌合部の外周部に突出して前記第2の光ファイバの先端に相当する位置に形成され、前記座屈部の開口端部が突き当たる突き当て面、前記整列孔の前記他方の開口部において前記挿入された第2の光ファイバを保持している第2の把持部を有する第2の部材とを有し、前記第1の部材の前記座屈部の開口端部が前記第2の部材の突き当て面に突き当たるまで前記第2の部材の前記嵌合部を前記第1の部材の前記中空の座屈部内に挿入した場合、前記第1の光ファイバは前記一方の開口部から整列孔内に挿入されて、前記第2の光ファイバと面

接続するとともに、第1の光ファイバは前記所定の收容余長により前記座屈部内において座屈して両光ファイバの面接続を確実にし、この座屈を発生する前記所定の收容余長は、前記第1、第2の部材および第1、第2の光ファイバの熱膨張率および該第1、第2の光ファイバの放射損失に基づいて設定されていることを要旨とする。

【0026】請求項10記載の本発明にあっては、第1の部材の座屈部の開口端部が第2の部材の突き当て面に突き当たるまで第2の部材の嵌合部を第1の部材の中空の座屈部内に挿入すると、第1の光ファイバは整列孔内に一方の開口部から挿入されて、第2の光ファイバと面

接続するとともに、第1の光ファイバは所定の收容余長により座屈部内において座屈して両光ファイバの面接続を確実にし、この座屈を発生する所定の收容余長は、第1、第2の部材および第1、第2の光ファイバの熱膨張率および第1、第2の光ファイバの放射損失に基づいて設定されていて、第1、第2の部材および両光ファイバが温度変化で伸縮しても、光ファイバの座屈量が低減して光ファイバ同士の面接触が不良となったり、また光ファイバの座屈量が増大して放射損失を増大することがない。

【0027】また、請求項11記載の本発明は、請求項10記載の発明において、前記第1および第2の部材の各々が石英、ホウケイ酸ガラス、バイレックスガラス、結晶化ガラス、アンバー、フェルニコ、液晶高分子からなるグループから選択された材料で構成されていることを要旨とする。

【0028】請求項11記載の本発明にあっては、第1および第2の部材の各々が石英、ホウケイ酸ガラス、バイレックスガラス、結晶化ガラス、アンバー、フェルニコ、液晶高分子からなるグループから選択された材料で

構成され、これらはすべて線膨張係数が $1 \times 10^{-5}/K$ 以下と小さく、温度変化で伸縮しても、光ファイバの座屈量が低減して、光ファイバ同士の面接触が不良となったり、また光ファイバの座屈量が増大して放射損失を増大することがない。

【0029】更に、請求項12記載の本発明は、中空の座屈部を備え、第1の所定の長さおよび第1の所定の線膨張係数を有する外側筒部材、該外側筒部材内に設けられ、一端が前記外側筒部材の一端と一体的に形成されるとともに、該一端が開口して中空部を構成し、第2の所定の長さおよび第2の所定の線膨張係数を有し、該第2の所定の長さおよび第2の所定の線膨張係数との積が前記第1の所定の長さおよび前記第1の所定の線膨張係数との積に等しい内部筒部材、および該内部筒部材の閉塞した他端に形成され、該内部筒部材および前記座屈部を貫通して前記外側筒部材の他端である前記座屈部の開口端部から所定の收容余長延出している第1の光ファイバを片持ち梁式に保持する第1の把持部を有する第1の部材と、一方の開口部に前記第1の光ファイバの先端が挿入され、他方の開口部から第2の光ファイバが所定長挿入される整列孔、該整列孔の前記一方の開口部が形成された端部に形成され、前記座屈部内に嵌合される嵌合部、該嵌合部の外周部に突出して前記第2の光ファイバの先端に相当する位置に形成され、前記座屈部の開口端部が突き当たる突き当て面、および前記整列孔の前記他方の開口部において前記挿入された第2の光ファイバを保持している第2の把持部を有する第2の部材とを有し、前記第1の部材の前記座屈部の開口端部が前記第2の部材の突き当て面に突き当たるまで前記第2の部材の前記嵌合部を前記第1の部材の前記中空の座屈部内に挿入した場合、前記第1の光ファイバは前記一方の開口部から整列孔内に挿入されて、前記第2の光ファイバと面

接続するに際して、前記所定の收容余長により座屈部内において座屈して、両光ファイバの面接続を確実にするとともに、外側筒部材の第1の所定の長さおよび第1の所定の線膨張係数との積が内側筒部材の第2の所定の長さおよび第2の所定の線膨張係数との積に等しく、温度変化により外側筒部材および内側筒部材が伸縮しても、第1の光ファイバの所定の收容余長は変化しないことを要旨とする。

【0030】請求項12記載の本発明にあっては、第1の部材の前記座屈部の開口端部が第2の部材の突き当て面に突き当たるまで第2の部材の嵌合部を第1の部材の中空の座屈部内に挿入した場合、第1の光ファイバは一方の開口部から整列孔内に挿入されて、第2の光ファイバと面

接続するに際して、前記所定の收容余長により座屈部内において座屈して、両光ファイバの面接続を確実にするとともに、外側筒部材の第1の所定の長さおよび第1の所定の線膨張係数との積が内側筒部材の第2の所定の長さおよび第2の所定の線膨張係数との積に等しく、温度変化により外側筒部材および内側筒部材が伸縮しても、第

1の光ファイバの所定の収容余長は変化しないため、第1および第2の光ファイバの接続は温度変化によっても影響されず、両光ファイバの接続は安定である。

【0031】請求項13記載の本発明は、一端が開口した中空の座屈部および該座屈部の他端側に形成された把持部であって、該把持部および前記座屈部内を貫通して前記開口部端面から所定の収容余長延出している1本または複数本の光ファイバを片持ち梁式に保持する把持部を有する第1の部材と、一端において基板部分を含み平面に加工された端面を有する1本または複数本の基板型光導波路と、前記光導波路の前記端面付近に実装され、1個または複数個の光ファイバ挿通孔を有し、前記光ファイバが前記光ファイバ挿通孔に挿通されたとき前記光ファイバおよび前記光導波路の光軸を一致させる1個または複数個の光ファイバガイドと、前記第1の部材の前記開口部端面と前記光導波路の前記端面とを嵌合させたとき、前記光ファイバガイドの前記光ファイバ挿通孔に前記光ファイバを挿入した状態となり、かつ該両端面が嵌合された状態で前記第1の部材と前記基板型光導波路とを固定する第2の部材とを有し、前記第1の部材の前記開口部端面と前記光導波路端面とを突き合わせて、前記光ファイバガイドの前記光ファイバ挿通孔に前記光ファイバを挿入した状態で前記光ファイバの先端面を前記光導波路端面に突き当てたとき、前記光ファイバは前記所定の収容余長により前記座屈部内において座屈し、座屈した該光ファイバの復元力により前記光ファイバの前記先端面と前記光導波路の前記端面同士が突き当てられる力を持続することを要旨とする。

【0032】請求項13記載の本発明にあっては、第1の部材の開口部端面と光導波路端面とを突き合わせて、1個または複数個の光ファイバガイドの挿通孔に1本または複数本の光ファイバをそれぞれ挿入し、各光ファイバの先端面を各光導波路の端面に突き当てると、各光ファイバは所定の収容余長により座屈部内において座屈し、座屈した該光ファイバの復元力により各光ファイバの先端面と各光導波路の端面同士が突き当てられる力を持続し、これにより光ファイバと光導波路の面同士のフィジカルコンタクトが実現されるとともに、接続損失が小さく、反射減衰量が大きな光接続または高密度な多心接続が実現される。

【0033】また、請求項14記載の本発明は、請求項13記載の発明において、前記光ファイバの前記先端面が、該光ファイバの光軸に対して垂直かつ平面になるように加工されるか、またはコア付近が凸になるように球面形状に加工されるか、または劈開して形成された端面のクラッド外周部分を除去して断面積を減少させることにより形成され、前記光ファイバの前記先端面と前記光導波路の前記端面が突き当てられたとき、少なくとも該光ファイバおよび前記光導波路のコア部分において前記両端面の面接触が確実となることを要旨とする。

【0034】請求項14記載の本発明にあっては、光ファイバの先端面は光軸に対して垂直かつ平面に加工されたり、コア付近が凸になるように球面形状に加工されたり、または劈開して形成された端面のクラッド外周部分を除去して断面積を減少させることにより形成され、光ファイバの先端面と光導波路の端面が突き当てられたとき、光ファイバおよび光導波路のコア部分において両端面の面接触が確実となる。

【0035】更に、請求項15記載の本発明は、請求項13または14記載の発明において、前記複数の光ファイバ挿通孔が同一部材の前記光ファイバガイドに設けられることを要旨とする。

【0036】請求項15記載の本発明にあっては、複数の光ファイバ挿通孔は同一部材の光ファイバガイドに形成されている。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、図面を用いて本発明の実施の形態について説明する。

【0038】図1は、本発明の第1の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面斜視図である。同図において、1(1-1, 1-2)は光ファイバ、1aは光ファイバの被覆、2(2-1, 2-2)はブラグ、2aは光ファイバ把持部、2bは光ファイバたわみ用空間、3はアダプタ、3aは光ファイバ用の整列孔、3bは整列孔の支持部である。図は断面図で、上段がブラグ2(2-1, 2-2)をアダプタ3に嵌合する前、下段が嵌合後を示す。図中の寸法は、 L_1 が座屈部の長さ、 L_2 がブラグ2からの光ファイバ突出量、 L_3 がアダプタ3の中心から整列孔支持部のブラグ2が突き当たる面までの距離である。ブラグ2は光ファイバたわみ用空間2bを有し、光ファイバ1が光ファイバたわみ用空間2bで片持ち梁となるように把持部2aで接着剤等により固定されている。嵌合時はブラグ2の先端が整列孔の支持部3bの側面に突き当てられる。光ファイバ1はブラグ2の先端から L_2 突出しており、突出量 L_2 はアダプタ3の中心から整列孔支持部のブラグ2が突き当たる面までの距離 L_3 よりも大きく設定され、 $L_2 - L_3 > 0$ である。

【0039】ブラグ2をアダプタ3に嵌合すると、光ファイバ1は光ファイバ用の整列孔3aに挿入される。入り口にテーパを設けることにより、光ファイバ1の先端が中心位置からずれていても、これを吸収し光ファイバがスムーズに挿入可能である。2つのブラグ2-1, 2-2をアダプタ3に嵌合すると、光ファイバ1-1, 1-2の先端が整列孔内で突き合わされ、光ファイバ1-1, 1-2のそれぞれのブラグ2-1, 2-2から余分に突出した量 $L_2 - L_3$ が2つの光ファイバたわみ用空間2bに適当な配分で押し込まれる。

【0040】図2に押し込み量に対する嵌合時の発生押圧力を示す。座屈力Pは式(1)、(2)で表わされ、

座屈領域では座屈部分の長さ L によってのみ決定され、押し込み量に依存せず一定である。

【0041】

【数1】

$$P = \frac{4\pi^2 EI}{L^2} \quad \dots (1)$$

$$I = \frac{\pi}{64} d^4 \quad \dots (2)$$

従って、配分を特に規定する必要はない。また、弾性領域と座屈領域の境界値 ΔL_c は式(3)で表わされる。

【0042】

【数2】

$$\Delta L_c = \frac{\pi^2 d^2}{4L} \quad \dots (3)$$

ここで、 E は光ファイバの弾性係数、 I は断面2次モーメント、 d は外径である。一般的なガラス光ファイバの場合、 $E = 76 \text{ GPa}$ 、 $d = 125 \mu\text{m}$ であり、 $L = 8 \text{ mm}$ の場合、 $P = 0.57 \text{ N}$ (58 gf)、 $\Delta L_c = 5 \mu\text{m}$ である。従って、突出量 $L_1 - L_2$ をこの場合で $5 \mu\text{m}$ 以上に設定すれば必ず座屈する。2つのブラグの L に加工精度程度の若干の差が存在し、2つの光ファイバの座屈力に差が生じ、座屈力の小さいブラグに2つの突出量が押し込まれた場合、こちらの光ファイバのみが座屈することになるが、この状態でもなんら問題はなく、接続面にはこの座屈力が押圧力として印加される。なお、座屈力に差が生じても、光ファイバと整列孔間の摩擦等により力が軸方向で釣り合いがとれた場合には両方の光ファイバが座屈する。

【0043】なお、ブラグ2-1、2-2とアダプタ3はネジ、クランプ機構などにより嵌合時に固定可能である。

【0044】整列孔3aの内径を $126 \mu\text{m}$ とし、端面にMU形光ファイバコネクタと同じ研磨を施した光ファイバを用いて、挿入損失 0.05 dB 、反射減衰量 50 dB 程度のMU形光ファイバコネクタと同程度の良好な光学特性が得られる。なお、劈開した光ファイバでは、端面にバリがあるため、接続時にも空隙が存在し、反射減衰量は高くなり、挿入損失も若干低下する。

【0045】図3は、本発明の第2の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面斜視図である。同図において、1(1-1、1-2)は光ファイバ、1aは光ファイバの被覆、2はブラグ、2aは光ファイバ把持部、2bは光ファイバたわみ用空間、4(4-1、4-2)はジャック、4aは光ファイバ用の整列孔、4bは光ファイバたわみ用空間、4cは光ファイバ把持部、4dはブラグ突き合わせ面である。なお、光ファイバ1-1は第1の実施形態と同様に L_1 だけブラグ2の先端から突出している。

【0046】図3においては、ブラグ2をジャック4-1に嵌合接続したものが同図下方に示されている光ファイバコネクタ91を構成し、またブラグ2をジャック4-2に嵌合接続したものが同図右下側に示す光ファイバコネクタ92を構成するようになっている。

【0047】ジャック4-1はジャック内の光ファイバたわみ用空間4bで光ファイバを座屈させるタイプで、図1におけるブラグ2-2とアダプタ3を合体させた構造である。光ファイバ1-2は整列孔4a中で $L_1 - L_2$ だけ整列孔4aの中心からブラグ嵌合側に突出した状態で光ファイバ把持部4cで固定されている。この構造によりブラグ2とジャック4-1を嵌合すると、第1の実施形態で説明したように光ファイバ1-1と1-2が整列孔内で接合され、それぞれの座屈力により接合面を押圧し光接続が得られる。

【0048】ジャック4-2は光ファイバたわみ用空間をなくし、光ファイバ1-3の先端が整列孔内でブラグ突き合わせ面4dから L_2 引き込んだ位置に配置され、把持部4cで固定されている。この構造によりブラグ2とジャック4-2を嵌合すると、第1の実施形態で一方の光ファイバが座屈しない場合と同じとなり、ブラグの光ファイバの座屈力により接合面を押圧し光接続が得られる。ジャック4-2はジャック4-1に比較して、光ファイバたわみ用空間を使用しないため小形となる利点がある。

【0049】上述した実施形態では、ブラグ2-1、2-2をアダプタ3の両端から嵌合するか、あるいはブラグ2とジャック4-1、4-2を嵌合すると、裸光ファイバが整列孔内で突き合わせられ、光ファイバの座屈力により接続端面が押圧されるので、フェルール、バネ部材が不要で部材点数が少なく、スリーブが光ファイバ外径程度で小さく、また光ファイバ端面の低反射研磨により、簡易、小形で、良好な光学特性を有する光ファイバコネクタが実現可能となる。

【0050】図4は、本発明の第3の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面図である。同図において、1は光ファイバ、1aは被覆、2はブラグ、2aは光ファイバ把持部、2bは光ファイバたわみ用空間、3はアダプタ、3aは光ファイバ用の整列孔、3bは整列孔の支持部、5は光ファイバ突き合わせ治具である。図は断面図で、上段がブラグ2をアダプタ3に嵌合する前、下段が嵌合後を示す。図中の寸法は、 L が座屈部の長さ、 L_1 がブラグ2からの光ファイバ突出量、 L_2 がアダプタ3の中心から整列孔支持部のブラグ2が突き当たる面までの距離、 ΔL がブラグ2をアダプタ3に嵌合した際に光ファイバ1がブラグ2内に押し込められる量であり、 $\Delta L = L_1 - L_2$ 、 δ は嵌合時の光ファイバ1のたわみ量である。光ファイバ突き合わせ治具5は深さ L_1 の凹面を有する。ブラグ2の先端に光ファイバ突き合わせ治具5を設置し、治具5の凹面に光ファイバが突

き当たる状態で光ファイバ1をブラグ2の光ファイバ把持部2aに固定し、光ファイバ1がブラグ2からL₁だけ突出した状態となっている。この状態でブラグ2をアダプタ3に嵌合し、光ファイバ同士が整列孔の中央で突き当たるとすると、光ファイバはΔLだけブラグ内へ押し込められる。

【0051】座屈時の光ファイバの形状は図5および式*

$$y = \frac{\delta}{2} \left\{ 1 - \cos \left(2\pi \frac{x}{L} \right) \right\} \quad \dots (4)$$

$$\frac{1}{R} = \frac{y''}{(1 + y'^2)^{3/2}} \quad \dots (5)$$

$$\frac{1}{R_{\min.}} = 2\pi^2 \frac{\delta}{L^2} \quad \dots (6)$$

嵌合後、座屈部分の光ファイバの長さがL+ΔLとなるので式(7)が成立し、ΔLとδの関係が式(8)で表わされる。

$$L + \Delta L = \int_0^L \sqrt{1 + (y')^2} dx \quad \dots (7)$$

$$\frac{L}{L - \Delta L} = \frac{2}{\pi} \sqrt{1 + \left(\pi \frac{\delta}{L - \Delta L} \right)^2} \quad \dots (8)$$

$$\text{Elliptic} \left(\frac{\left(\pi \frac{\delta}{L - \Delta L} \right)^2}{1 + \left(\pi \frac{\delta}{L - \Delta L} \right)^2} \right)$$

ここで、Elliptic()は楕円積分である。従って、曲率半径が許容値以上になるように式(6)および式(8)からΔLを決定することができる。

【0054】例えば、1. 3 μm帯シングルモード光ファイバを用い、L=10mm、ΔL=0.2mmとすると、δ=0.9mm、R_{min.}=5.6mmに設定することが可能で、曲げ損失による損失増加を0.01dB以下に抑制することができる。また、光ファイバの破断はR=3mm以下で発生するので、設定値をこれより大きくすれば、破断は発生しない。

【0055】なお、第1および第2の実施形態で説明したように、一方の光ファイバのみが座屈する場合がある。この場合、最大の押し込み量は2ΔLとなる。従って、上記の1. 3 μm帯シングルモード光ファイバの場合、ΔL=0.1mmとすることにより損失増加の抑制、破断防止が可能となる。

【0056】本実施形態によれば、ΔLを制御することにより座屈部のたわみδを制御し、たわみの増大に伴う曲げ損失の増加、破断の防止が可能となる。

【0057】図6は、本発明の第4の実施形態に係る光

※(4)に表わされるように正弦波形状である(例えば、材料力学、奥村著、コロナ社、pp. 289-301 参照)。曲率半径Rは式(5)で表わされる。光ファイバ根元と中間点において曲率半径は最小値R_{min.}となり、式(6)で表わされ、Lとδの関数となる。

【0052】

【数3】

※【0053】

【数4】

40

ファイバコネクタの構成を示す部分断面斜視図である。同図において、1は光ファイバ、1aは被覆、2はブラグ、2cは切欠け部、3はアダプタ、3aは光ファイバ用の整列孔、3bは光ファイバ用の整列孔支持部、3cはブラグ先端用の貫通部である。アダプタ3はブラグ2の先端が突き合わされるように貫通部3cを有する。ブラグ2の先端の切欠け部2cは光ファイバ用の整列孔支持部3bをかむためのものである。光ファイバ1はブラグ2の先端からΔLだけ突出している。

【0058】図6においては、ブラグ2は1つのみが示され、他方のブラグは省略されているが、図1に示した第1の実施形態の場合と同様に、2個のブラグ2がアダプタ3に両側から挿入嵌合され、アダプタ3の整列孔3a内で2本の光ファイバ1が接続されるようになっているものである。

【0059】本実施形態によれば、光ファイバの突出量を小さくできるので、光ファイバの保護性が向上する。また、第1、第2、第3の実施形態で用いた寸法L₁が不要となるので、誤差を考慮すべき寸法が1つ減り突出量の精度向上が可能となる。

50

【0060】図7は、本発明の第5の実施形態に係る光ファイバコネクタの断面斜視図である。同図において、1は光ファイバ、1aは被覆、2はブラグ、2aは光ファイバ把持部、2bは光ファイバたわみ用空間、3はアダプタ、3aは光ファイバ用の整列孔、3bは整列孔の支持部、6は光ファイバ調心部材、6aは調心部材6の光ファイバ用の整列孔、7はバネである。図は断面図で、上段がブラグ2をアダプタ3に嵌合する前、下段が嵌合後を示す。なお嵌合後の図では、他方のブラグを省略してある。実際には光ファイバが両端からブラグが嵌合されてはじめて光ファイバが座屈する。調心部材6は、光ファイバ用の整列孔6aを有し、ブラグ2の先端に配置され、バネ7で後方から押さえられながら光ファイバたわみ用空間2bで摺動する。ブラグ2をアダプタ3に嵌合すると、調心部材6が光ファイバたわみ用空間2bに収納され、光ファイバ1の先端のみが整列孔3aに挿入される。ブラグ2をアダプタ3から外すとバネ7により調心部材6は元の位置に復帰する。

【0061】本実施形態によれば、まず、光ファイバの調心性が向上し、アダプタ3の貫通孔入り口に設けるテーバの開口が小さくてよい。また、調心部材6のブラグ2の先端からの突出量を設定すべき光ファイバの突出量 L 、と等しくすることにより、光ファイバの突出量の設定が容易になる。更に、光ファイバの保護性が向上する。なお、本実施形態はブラグの先端を突き合わせる第3の実施形態の構造との併用も可能である。

【0062】テーバの開口については、ブラグとアダプタのはめあいを精度 $\pm 50\mu\text{m}$ 、調心部材および整列部材の整列孔の中心位置精度 $\pm 10\mu\text{m}$ 、整列孔の内径精度を $\pm 1\mu\text{m}$ 、開口径の精度を $\pm 10\mu\text{m}$ とすることにより、開口径を 0.25mm とすることが可能で、次に示す実施形態のように多心化した際に光ファイバ間隔をリボンファイバで用いられているような 0.25mm の小さな間隔で光ファイバを実装可能となる。

【0063】図8は、本発明の第6の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す部分断面斜視図である。同図において、1(1-1, 1-2)は光ファイバ、1aは被覆、2はブラグ、2aは光ファイバ把持部、2bは光ファイバたわみ用空間、4はジャック、4aは光ファイバ用の整列孔群、4cは光ファイバ把持部、4dはブラグ突き合わせ面、4eはジャックフレーム、6は光ファイバ調心部材、6aは調心部材6の光ファイバ用の整列孔、8は板バネである。

【0064】図8においては、ブラグ2をジャック4に嵌合することにより、同図下部に示す光ファイバコネクタを構成するものであり、同図右部に示す断面図はジャック4の整列孔群4aおよび該整列孔群4a内に挿入されている光ファイバ1-2を拡大して示しているものである。

【0065】図8に示す光ファイバコネクタは、ブラグ

2に光ファイバ群1-1が縦横8心ずつ配列され、合計64心が実装されているものである。ブラグ2の先端に第5の実施形態の構造を採用し調心部材6を設置している。ブラグ側での光ファイバ押し込み量が ΔL となるように調心部材6はブラグ2の先端から ΔL だけ突出しており、調心部材6の先端面に合わせて光ファイバ群1-1の先端が配置されている。先端の配置のばらつきは $\pm 5\Delta\text{m}$ 程度には設定可能である。光ファイバ群1-1がたわむ空間を確保するため板バネ8を使用し調心部材6を後方から押さえる。ジャック4にはブラグと同様な配置で、整列孔群4aが配置され、それぞれに光ファイバ群1-2中の光ファイバがその先端がブラグ突き合わせ面4dの位置となるように把持部4cで固定されている。なお、整列孔群4aおよび光ファイバ把持部4cはジャックフレーム4e内でフロートするようにし、嵌合をし易いようにしてある。また、調心部材6を使用し、整列孔4aの入り口の開口を 0.25mm とすることにより、光ファイバ間のピッチを 0.25mm としている。従って、8心でも 2mm の幅で済み、ブラグ2は縦横 5mm 程度の小形にすることが可能である。ブラグ2とジャック4を嵌合すると光ファイバ群1-1と1-2がそれぞれの対で整列孔で突き合わされ、それぞれの座屈力により接合面が押圧されている。

【0066】本実施形態によれば、より高い密度で実装可能な光ファイバコネクタが実現可能となる。また、複数の光ファイバ間で先端の位置がばらついても、各接続対ごとに座屈部でばらつきが吸収されるので、屈折率整合剤は不要で高反射減衰量が安定して得られる。

【0067】図11は、本発明の第7の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面図である。同図において、1(1-1, 1-2)は光ファイバ、1aは光ファイバの被覆、2はブラグ、2aは光ファイバ把持部、2bは光ファイバ座屈部、2cはブラグ先端面、3はジャック、3aは光ファイバ整列孔、3bは光ファイバ挿入用テーバ、3cはブラグ突き当て面、4は接着剤、5は接着剤注入孔、6はブラグ-ジャック固定クリップである。なお、ブラグの材質の線膨張係数を $1 \times 10^{-5}/\text{K}$ 以下としてある。図は断面図で、上段が嵌合前、下段が嵌合後を示す。

【0068】光ファイバ1-1, 1-2はそれぞれブラグ2およびジャック3に接着剤4により固定されている。この際、光ファイバ1-1はブラグ先端面2cより座屈部2bへの吸収余長として ΔL だけ突出し、光ファイバ1-2はその先端がジャックのブラグ突き当て面3cと一致するように固定されている。ブラグ2をジャック3に嵌合し、ブラグ先端面2cと突き当て面3cが突き当たった状態で両者をクリップ6で固定すると、光ファイバ1-1が整列孔3aに挿入され、光ファイバ1-1と1-2が突き当たり、座屈部吸収余長 ΔL が長さ L の座屈部へ吸収され、光ファイバ1-1は座屈し δ だけ

10

20

30

40

50

たわむ。このときの座屈力によって光ファイバ接続面が押圧され、光ファイバ端面を凹凸のない面に整形しておくことにより、端面同士が密着し、反射の少ない光ファイバ接続が実現できる。

【0069】ここで、座屈部2bでの屈曲による放射損失が過剰とならないようにたわみ量 δ を制御する必要がある。 δ は式(8)に示すように ΔL により制御可能である。また、式(1)に示すように接続面を密着させる力となる座屈力Pは座屈長Lによって制御できる。必要な座屈力からLは10mm前後である。1.3 μ m帯シングルモード光ファイバを用い、座屈長をL=10mmとした場合、 $\Delta L=0.1$ mmとすることにより、たわみ量が過大とならず、座屈部の光ファイバの屈曲による放射損失を0.01dB以下に抑制することができる。図12に実験結果を白丸で示す。

【0070】本実施形態では、プラグの材質の線膨張係数を $1 \times 10^{-5}/K$ 以下としてあり、その結果、座屈長10mmに対して、一般的な使用領域である-20~70℃の温度範囲で座屈長の変化は0.01mmに抑制できる。座屈による放射損失が過剰とならない ΔL の上限値は0.1mm程度あるので、これの中間値 $\Delta L=0.05$ mmに設定しておけば、温度変化によって相対的に ΔL が変化しても、 ΔL は0以下、あるいは、0.1mm以上になることはなく、使用温度範囲においても、接合部の密着状態を維持し、かつ、たわみ量の過剰による放射損失の発生を抑制し、良好な光ファイバ接続を維持することが可能となる。

【0071】請求項7に記載の石英の線膨張係数は光ファイバと同一で小さく $0.5 \times 10^{-6}/K$ であり、温度*

*変化に対しても全く ΔL を変化させることがない。

【0072】ガラス系材料の線膨張係数は、ホウケイ酸ガラスが $5 \times 10^{-6}/K$ 、バイレックスが $3 \times 10^{-6}/K$ 、ネオセラム、あるいは、バイロセラムと呼ばれる結晶化ガラスが $0.7 \sim 2 \times 10^{-6}/K$ であり、 $1 \times 10^{-5}/K$ 以下である。これらのガラス材料は石英と比較し安価で、また、加工が容易である。

【0073】アンバー(ニッケル系合金)、フェルニコ(鉄-ニッケル-コバルト系合金、コパールとも呼ばれる)は低線膨張係数金属であり、線膨張係数は $1 \sim 2 \times 10^{-6}/K$ 、 $4 \sim 5 \times 10^{-6}/K$ 程度と低い。金属であるので切削加工が容易でこれも削りだし用コネクタ部材として適している。

【0074】液晶高分子はポリエステル系のものにおいて線膨張係数が $1 \times 10^{-5}/K$ 以下のものが存在し、射出成形が可能な材料であり、大量生産用コネクタ部材として適している。

【0075】なお、 ΔL は以下の手順で算出すれば、座屈部の最小曲げ半径(R_{min})から決定するよりもより正確に、また特性の異なる光ファイバや異なる使用波長にも適用可能となる。

【0076】上述したように、座屈時の光ファイバの形状、曲率R、および座屈吸収余長 ΔL とたわみ δ の関係は、式(4)、(5)、(8)で表される。また、曲率Rの時の単位長さあたりの放射損失係数 α はA.W.Snyder, I.White, and D.J.Mitchell, "Radiation from bent optical waveguides," Electron. Lett., 11, pp. 332-333, 1975.より、次の式(9)

【数5】

$$\alpha = \frac{1}{\sqrt{\pi a w \rho}} \left(\frac{u}{v} \right)^2 \exp \left(- \frac{4 w^3}{3 v^2} \Delta \frac{R}{a} \right) \quad \dots (9)$$

で与えられる。ここで、aは光ファイバのコア半径、v, u, wは規格化周波数、コア、および、クラッド層の伝搬定数である。規格化周波数vは、次の式(1

※0), (11)

【数6】

$$v^2 = k^2 n_c^2 a^2 - 2 \Delta \quad \dots (10)$$

$$k = \frac{2\pi}{\lambda} \quad \dots (11)$$

で表され、伝搬定数u, wは、次の式(12), (13)

★【数7】

★

$$u^2 + w^2 = v^2 \quad \dots (12)$$

$$\frac{u J_1(u)}{J_0(u)} = \frac{w K_1(w)}{K_0(w)} \quad \dots (13)$$

の連立方程式から求められる(例えば、大越、岡本、保立著、「光ファイバ」、オーム社、pp. 61-70 参照)。

ここで、 n_c はコア屈折率、 J_n 、 K_n は n 次の第1種、および、第2種変形ベッセル関数である。
【0077】以上の式を次の式(14)に代入すると、座屈部の全放射損失は、各点の曲率から算出される放射*

$$\Gamma(dB) = 4.34 \int_0^{L-\Delta L} \alpha \sqrt{1+(y')^2} dx \quad \dots (14)$$

図12に以上に説明した手順で求めた計算値を実線で示す。実測値とよく一致しており、本手順の正当性がわかる。

【0079】従って、光ファイバのパラメータ、使用する光の波長、座屈長、座屈吸収余長から発生する損失が計算できる。この計算値が所定値を越えないように、繰り返し計算を行い座屈吸収余長 ΔL の上限値を算出することができる。

【0080】図13は、本発明の第8の実施形態に係る光ファイバコネクタに使用されるブラグの構造を示す断面図である。同図に示すブラグ21は、図11に示したジャック3内に挿入されて、光ファイバコネクタを構成するものであり、図11のブラグ2に代わるものである。

【0081】図13に示すブラグ21は、外側に中空大径の外側円筒部21aが設けられ、この外側円筒部21a内に小径の内部円筒部21bが挿入され、両者は一方の端部である後端部において互いに接合されて一体化されている。内部に配設された小径の内部円筒部21bは、前記後端部側に中空部が形成され、該後端部と反対側の前端部は中空状態に形成されているも、この中空の前端部の中央を光ファイバ1が貫通している。なお、光ファイバ1はこの内部円筒部21bの中実の前端部の後部寄りの部分において被覆1aの上から接着剤4で接着されている。

【0082】外側円筒部21aの前端部の中空部21cは、光ファイバ1がたわむスペースに相当する座屈部を構成しているが、この座屈部21c内には図11に示すジャック3の内側に突出して光ファイバ整列孔3aおよび光ファイバ挿入用テーパ3bが形成されている嵌合部が点線で示すように嵌合するようになっている。そして、このようにブラグ21の座屈部21cをジャック3の嵌合部に挿入した場合には、ブラグ21の外側円筒部21aの前端部がジャック3のブラグ突き当て面3cに突き当たって停止するようになっている。

【0083】ブラグ21の外側円筒部21aの長さは、図示のように L_1 であり、内部円筒部21bの長さは L_2 であり、また上述したようにジャック3の嵌合部が嵌合した場合に、外側円筒部21aの前端部からジャック3の嵌合部の先端の光ファイバ挿入用テーパ3bの底部までの長さは L である。そして、外側円筒部21aの全長 L_1 から内部円筒部21bの長さ L_2 および前記 L を引いた長さ、すなわち内部円筒部21bの先端部か

*損失を座屈形状に沿って積分することで得られる。
【0078】
【数8】

ら光ファイバ挿入用テーパ3bの底部までの長さを L として定義している。

10 【0084】また、ブラグ21内に挿入され、内部円筒部21bの中実の前端部で固定されている光ファイバ1は、中空の座屈部21c内を延出して、その前端部より僅かな長さ、すなわち所定の収容余長 ΔL だけ延出している。

【0085】そして、上述したように、ブラグ21の座屈部21c内にジャック3の嵌合部を嵌合させ、ブラグ21の外側円筒部21aの前端部がジャック3のブラグ突き当て面3cに突き当たるまで挿入した場合、ブラグ21の光ファイバ1の先端がジャック3の整列孔3a内の光ファイバ1の先端と面接触し、光ファイバ1はその収容余長 ΔL のために座屈部21c内においてたわんで湾曲し、これにより両光ファイバ1は確実に接続されるようになっている。

【0086】更に、図13に示す光ファイバコネクタのブラグ21は、外側円筒部21aの線膨張係数を α_1 とし、内部円筒部21bの線膨張係数を α_2 とすると、外側円筒部21aと内部円筒部21bとは、次の関係を有するように構成されている。

【0087】 $L_1 \alpha_1 = L_2 \alpha_2$
すなわち、外側円筒部21aと内部円筒部21bは、その熱膨張による伸びの長さが同じであるように構成されているものである。

【0088】従って、ブラグ21の座屈部21c内に図3のジャック3の嵌合部を挿入して、ブラグ21とジャック3とが上述したように嵌合した場合、ブラグ21の光ファイバ1が座屈部21c内で座屈するのに必要な光ファイバ1の長さは、 $L_1 - L_2$ であるが、この座屈長 $L_1 - L_2$ は、環境の温度が ΔT 変化し、これにより外側円筒部21aおよび内部円筒部21bの長さがそれぞれ L_1 および L_2 から $L_1 + \alpha_1 L_1 \Delta T$ および $L_2 + \alpha_2 L_2 \Delta T$ に変化したとしても、 $\alpha_1 L_1 = \alpha_2 L_2$ であるので、変化しない。すなわち、光ファイバ1の座屈長 $L_1 - L_2$ は、常に一定であるため、光ファイバ1の前記収容余長 ΔL も変化しないので、光ファイバ1は常に同じように座屈し、温度変化に対しても安定な接続状態を維持することができる。

【0089】図14は、本発明の第9の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面図である。同図に示す光ファイバコネクタは、光ファイバと光導波路を接続するものであり、この場合の光導波路は基板型光導波

路である。

【0090】図14において、1は石英材料からなる光ファイバ、1aは光ファイバの被覆、2はプラグ、2aは光ファイバ把持部、2bは光ファイバ座屈部、2cはプラグ先端面、4は接着剤、6はプラグとジャックの固定クリップである。また、3はジャック、13はガラスブロック、12は石英材料からなる光導波路、12aは光導波路基板、12cは光導波路基板12aおよびガラスブロック13の端面部分を含む光導波路端面、14は光ファイバガイド、14aは光ファイバ挿入孔である。図14においては、上段にプラグ2とジャック3が嵌合する前の状態を示し、下段にプラグ2とジャック3が嵌合した状態を示している。なお、プラグ2の材質の線膨張係数を $1 \times 10^{-5} / K$ 以下としてある。

【0091】ここで、光導波路12に対してプラグ2を上下方向に関して適当な位置に調節し、かつ光ファイバガイド14の光導波路端面12cへの装着を容易にするために、光導波路端面12cにガラスブロック13が接着される。光導波路端面12cは、光導波路12の上にガラスブロック13を接着した後、光軸に対して垂直かつ平面になるように研磨される。光導波路12および光導波路基板12aは、ジャック3に固定される。また、光ファイバ1はプラグ2に接着剤4により固定されている。このとき、光ファイバ1はプラグ先端面2cより座屈部2bへの吸収余長として ΔL だけ突出させる。この ΔL は第7の実施形態で述べたように適当な長さに調整する。

【0092】さて、プラグ2をジャック3に嵌合し、プラグ先端面2cと光導波路端面12cが突き当たった状態で両者をクリップ6で固定すると、光ファイバ1はファイバガイド14の挿入孔14aに挿入され、光ファイバ1の先端と光導波路端面12cに突き当たり、座屈部吸収余長 ΔL が長さ L の座屈部2bへ吸収され、光ファイバ1は座屈してたわむ。このときの座屈力によって光ファイバ1の先端の接続面が光導波路端面12cに対して押圧され、それらの面同士のフィジカルコンタクトが実現される。これにより、光ファイバ1と光導波路12のコアおよびクラッドの屈折率がほぼ等しいので、反射減衰量が非常に大きくなる。また、このとき光ファイバガイド14により、光ファイバ1と光導波路12の光軸が一致し、それらのコア同士が正確に突き合わされ、接続損失は最小になる。すなわち、接続損失は光ファイバ1と光導波路12の導波モードのフィールド分布の不整合による原理的損失まで小さくなる。以上の原理に従い、本接続では屈折率整合剤を使用する必要がない。

【0093】本実施形態において、光ファイバ1の先端は、光軸に対して平面になるように研磨したり、コア部分が凸になるように球面形状に研磨したり、あるいは単に劈開することにより形成することができる。劈開する場合は、先端部のクラッド外周付近にできるバリを除去

しておく。光ファイバ1の先端を光導波路端面12cに突き当たるとき両端面は弾性変形を起こすので、前述のフィジカルコンタクトを実現するために両端面を完全に平面にする必要はない。また、光導波路端面12cについては、研磨のみでは表面に屈折率の異なる加工変質層が形成されるので、それを除去した方がより高い反射減衰量が得られる。その除去の方法としては、酸溶液等を用いたウェットエッチング、イオンエッチング等などのドライエッチング、あるいは酸化セリウムや SiO_2 粒子を用いて研磨することが考えられる。あるいは、光導波路端面12cの別の形成方法として、劈開面を用いることも考えられる。光導波路基板12aとして Si 単結晶基板を用いる場合、光導波路基板12aとともに光導波路12が劈開されると、その基板は結晶面に沿って平坦に劈開されるために、光導波路12の劈開面もほぼ平坦になる。劈開面には加工変質層が存在せず、研磨した場合のように加工変質層を除去するための手間が不要になる利点がある。

【0094】なお、より大きな反射減衰量を得る目的のために、光導波路端面12cを光軸に対して垂直にせず斜めに研磨することも考えられる。この場合、光ファイバ先端面もそれに合わせて斜めにする必要がある。しかし、光ファイバ1と光導波路12を突き合わせたとき、フィジカルコンタクトの実現が容易でなくなり、また光軸のズレも起こり易くなる。

【0095】また、半導体、多成分ガラスおよび $LiNbO_3$ のような光学結晶などの材料からなる光導波路と石英系ファイバを光接続する場合、光導波路のコアおよびクラッドの屈折率が石英系光ファイバのそれらと大きく異なるため、フィジカルコンタクトを実現できても反射減衰量を十分に大きくすることはできない。この場合、光導波路端面を研磨し加工変質層を除去した後、その面に無反射コーティングを施しておくことにより、十分に大きな反射減衰量を得ることがきる。また、プラスチック光ファイバと光導波路を接続する場合も同様である。

【0096】更に、この実施形態はそれぞれ1本の光導波路と光ファイバを光接続する場合に限らず、次の第10の実施形態で詳しく示すように、複数の光導波路および光ファイバを一括して光接続、すなわち多心接続する場合も適用される。

【0097】図15および図16は、本発明の第10の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す斜視図である。同図に示す光ファイバコネクタは、図14の実施形態において1本の光ファイバと1本の光導波路を光接続したものを複数本の光ファイバと複数本の光導波路を光接続するように構成したものであり、図15および図16における各符号は図14に示すものと同じ構成要素を示している。更に具体的には、図15および図16の光ファイバコネクタは、横方向に配列された4本の光

ファイバと4本の光導波路同士を一括して光接続する多心用のものであり、その各々は図14に示した光ファイバコネクタを構成要素としている。また、図15において、ブラグ2とジャック3を嵌合する前の状態が示され、図16において、右寄りにはブラグ2とジャック3を嵌合した状態が示されている。なお、図15および図16においては、ブラグ2とジャック3を嵌合するための図14のクリップ6に相当するクリップは省略されている。

【0098】光ファイバ1は、第7の実施形態で示した△Lに相当する分だけブラグ先端面2cより突出している。ブラグ2をジャック3に嵌合して固定すると、それぞれの光ファイバ1は対応するガイド孔14aに挿入され光導波路端面12cに突き当たり座屈してたわむ。そして、高密度であり、各心において挿入損失が小さく、反射減衰量が大きな光接続が実現される。

【0099】ファイバガイド14を構成する方法として、同一部品に1つのみの光ファイバ挿入孔をもつ単心用ファイバガイドを光導波路に相当する位置にそれぞれ個別に複数個装着する構成と、同一部品に複数の光ファイバ挿入孔をもつ多心用ファイバガイドを装着する構成が考えられる。また、上記の単心用ファイバガイドとしては、マイクロチューブ、成形部品など、上記多心用ファイバガイドとしては、複数のマイクロチューブを組み合わせて固定したもの、成形部品、V溝アレイ基板などが考えられる。該成形部品の場合、光ファイバ挿入孔として円筒形あるいはV溝形の細管が考えられる。該V溝基板としては、Si基板を異方性エッチングしたもの、ガラス基板を機械加工したものなどが考えられる。

【0100】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、ブラグをアダプタの両端から嵌合したり、またはブラグとジャックを嵌合して、光ファイバを整列孔内で適確に突き合わせ、光ファイバの座屈力により接続端面が押圧されるので、従来のようにフェルルやバネ部材が不要で部材点数が少なく、スリーブが光ファイバの外径程度と小さく、簡易で小型な光ファイバコネクタが実現可能である。また、ブラグをアダプタに接合した場合、ブラグは相互に面接触し、光ファイバは適確に接続される。

【0101】また、本発明によれば、ブラグとジャックを嵌合した場合、光ファイバが整列孔内で適確に突き合わせられ、光ファイバの座屈力により接続端面が押圧され、適確に接続される。また、ブラグの空洞に内接して光ファイバ調心部材が設けられ、該調心部材は空洞内で摺動するようになっているので、光ファイバをアダプタの整列孔へ挿入することを容易にするとともに、光ファイバの保護性を向上する。

【0102】更に、本発明によれば、複数の光ファイバを1個の光ファイバコネクタで同時に高密度に接続することができるとともに、複数の光ファイバの先端がばら

ついても、各接続対毎に座屈部でばらつきが吸収され、屈折率整合剤が不要となり、高反射減衰量が安定して得られる。

【0103】本発明によれば、ブラグまたはアダプタは石英、あるいはホウケイ酸ガラス、バイレックスガラスまたは結晶化ガラス、あるいはアンバーまたはフェルニコ、あるいは液晶高分子で構成され、これはすべて線膨張係数が $1 \times 10^{-5}/K$ 以下と小さく、温度変化で伸縮しても、光ファイバのたわみ量が低減して、光ファイバ同士の面接触が不良となったり、また光ファイバのたわみ量が増大して放射損失を増大することがない。

【0104】また、本発明によれば、第1の部材の座屈部の開口端部が第2の部材の突き当て面に突き当たるまで第2の部材の嵌合部を第1の部材の中空の座屈部内に挿入すると、第1の光ファイバは整列孔内に一方の開口部から挿入されて、第2の光ファイバと面接続するとともに、第1の光ファイバは所定の収容余長により座屈部内において座屈して両光ファイバの面接続を確実にし、この座屈を発生する所定の収容余長は、第1、第2の部材および第1、第2の光ファイバの熱膨張率および第1、第2の光ファイバの放射損失に基づいて設定されているので、第1、第2の部材および両光ファイバが温度変化で伸縮しても、光ファイバの座屈量が低減して光ファイバ同士の面接触が不良となったり、また光ファイバの座屈量が増大して放射損失を増大することがない。

【0105】また、本発明によれば、第1および第2の部材の各々が石英、ホウケイ酸ガラス、バイレックスガラス、結晶化ガラス、アンバー、フェルニコ、液晶高分子からなるグループから選択された材料で構成され、これらはすべて線膨張係数が $1 \times 10^{-5}/K$ 以下と小さいので、温度変化で伸縮しても、光ファイバの座屈量が低減して、光ファイバ同士の面接触が不良となったり、また光ファイバの座屈量が増大して放射損失を増大することがない。

【0106】更に、本発明によれば、第1の部材の座屈部の開口端部が第2の部材の突き当て面に突き当たるまで第2の部材の嵌合部を第1の部材の中空の座屈部内に挿入した場合、第1の光ファイバは一方の開口部から整列孔内に挿入されて、第2の光ファイバと面接続するに際して、前記所定の収容余長により座屈部内において座屈して、両光ファイバの面接続を確実にするとともに、外側筒部材の第1の所定の長さ第1の所定の線膨張係数との積が内側筒部材の第2の所定の長さ第2の所定の線膨張係数との積に等しく、温度変化により外側筒部材および内側筒部材が伸縮しても、第1の光ファイバの所定の収容余長は変化しないため、第1および第2の光ファイバの接続は温度変化によっても影響されず、両光ファイバの接続は安定である。

【0107】本発明によれば、第1の部材の開口部端面と光導波路端面とを突き合わせて、1個または複数個の

光ファイバガイドの挿通孔に1本または複数本の光ファイバをそれぞれ挿入し、各光ファイバの先端面を各光導波路の端面に突き当てると、各光ファイバは所定の収容余長により座屈部内において座屈し、座屈した該光ファイバの復元力により各光ファイバの先端面と各光導波路の端面同士が突き当てられる力を持続して、光ファイバと光導波路の面同士のフィジカルコンタクトが実現され、接続損失が小さく、反射減衰量が大きな光接続または高密度な多心接続が実現される。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面斜視図である。

【図2】図1の第1の実施形態における押し込み量に対する嵌合時の発生押圧力を示すグラフである。

【図3】本発明の第2の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面斜視図である。

【図4】本発明の第3の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面図である。

【図5】光ファイバの屈曲形状の説明図である。

【図6】本発明の第4の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す部分断面斜視図である。

【図7】本発明の第5の実施形態に係る光ファイバコネクタの断面斜視図である。

【図8】本発明の第6の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す部分断面斜視図である。

10

*【図9】従来のMU形光ファイバの構成を示す図である。

【図10】従来のMT形光ファイバの構成を示す図である。

【図11】本発明の第7の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面図である。

【図12】図11の光ファイバコネクタにおける押し込み量に対する挿入損失を示すグラフである。

【図13】本発明の第8の実施形態に係る光ファイバコネクタに使用されるプラグの構造を示す断面図である。

【図14】本発明の第9の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す断面図である。

【図15】本発明の第10の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す斜視図である。

【図16】本発明の第10の実施形態に係る光ファイバコネクタの構成を示す斜視図である。

【符号の説明】

1, 1-1, 1-2 光ファイバ

1a 被覆

2, 2-1, 2-2 プラグ

2a 光ファイバ保持部

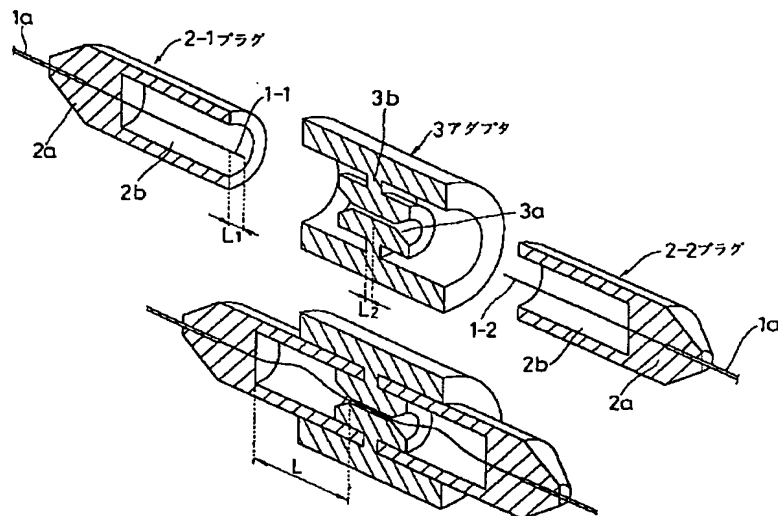
2b 光ファイバたわみ用空間

3 アダプタ

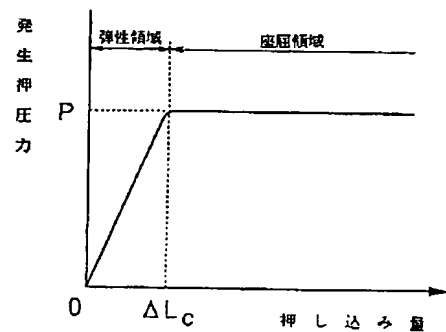
3a 光ファイバ用整列孔

3b 整列孔支持部

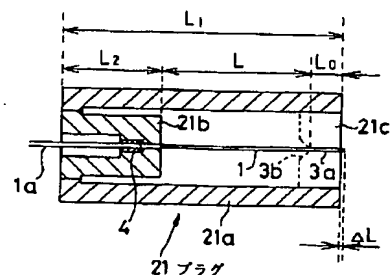
【図1】



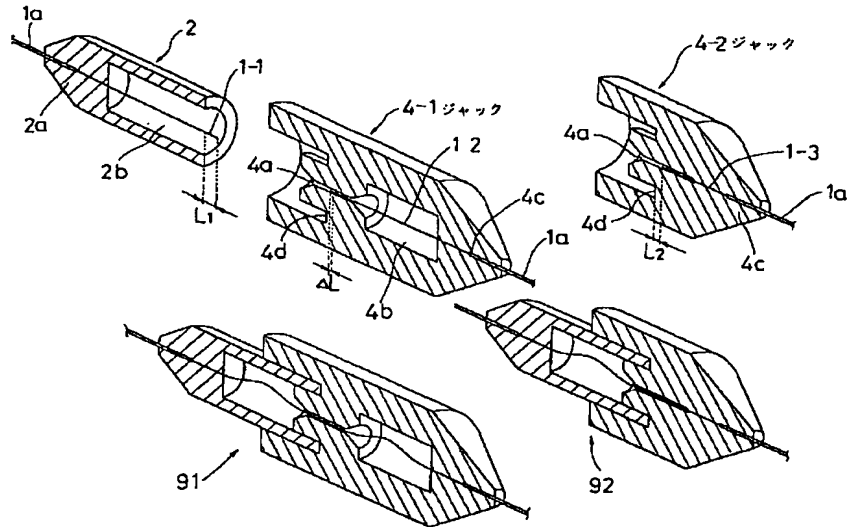
【図2】



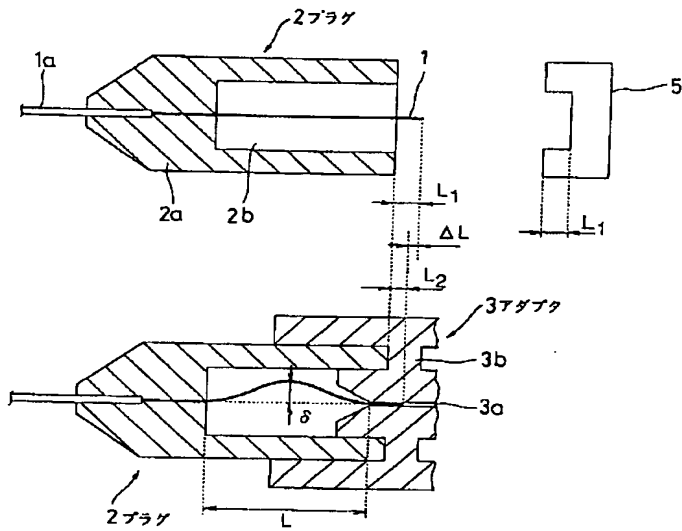
【図13】



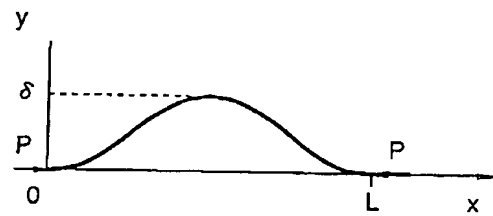
【図3】



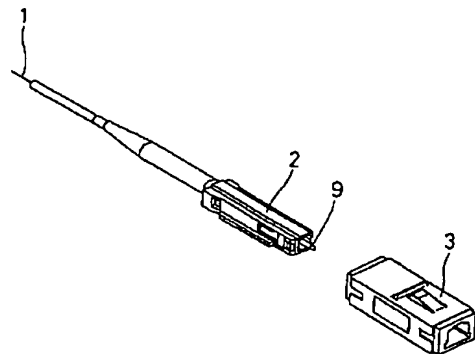
【図4】



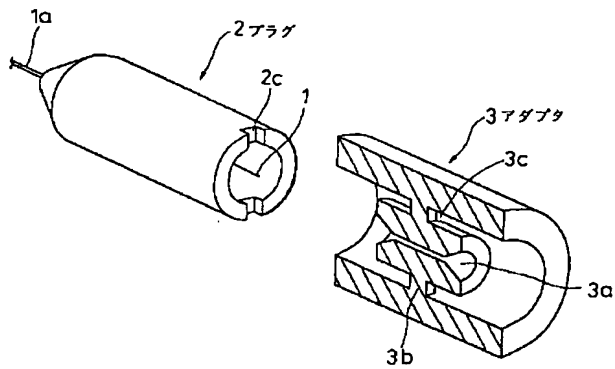
【図5】



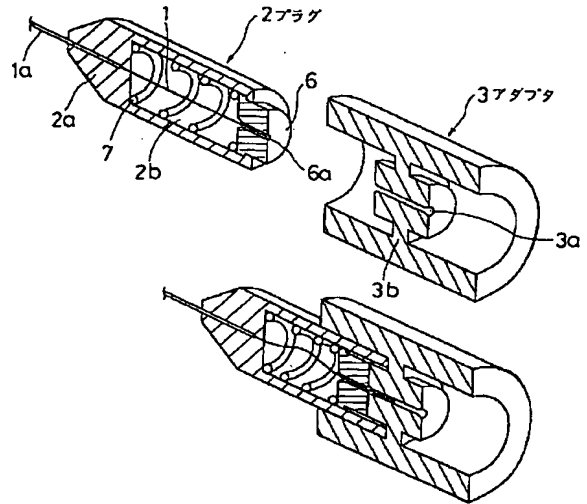
【図9】



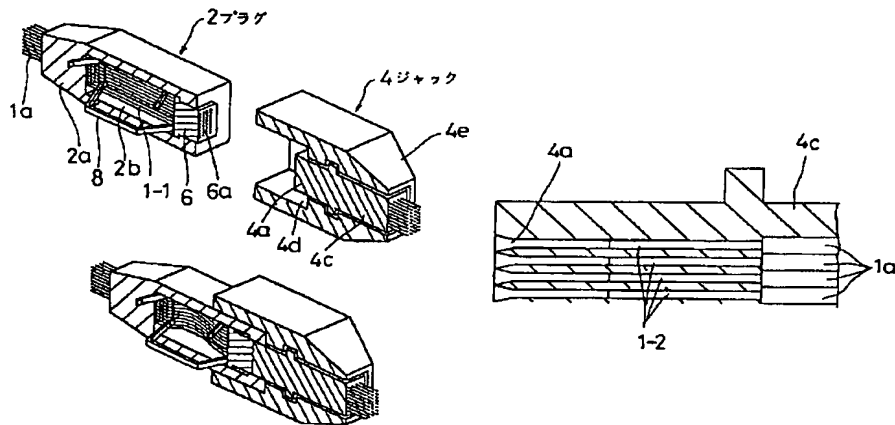
【図6】



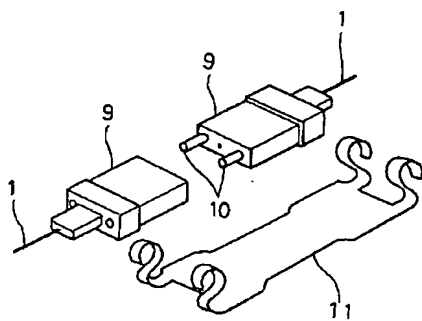
【図7】



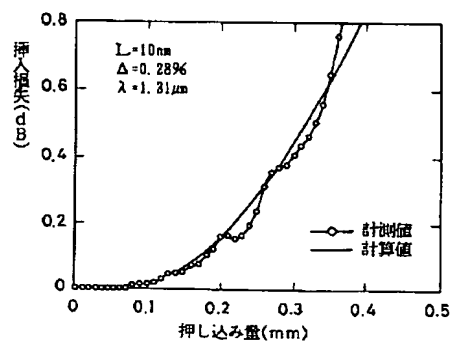
【図8】



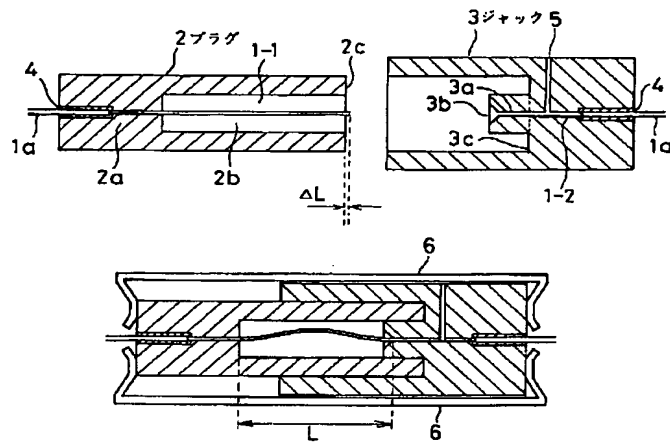
【図10】



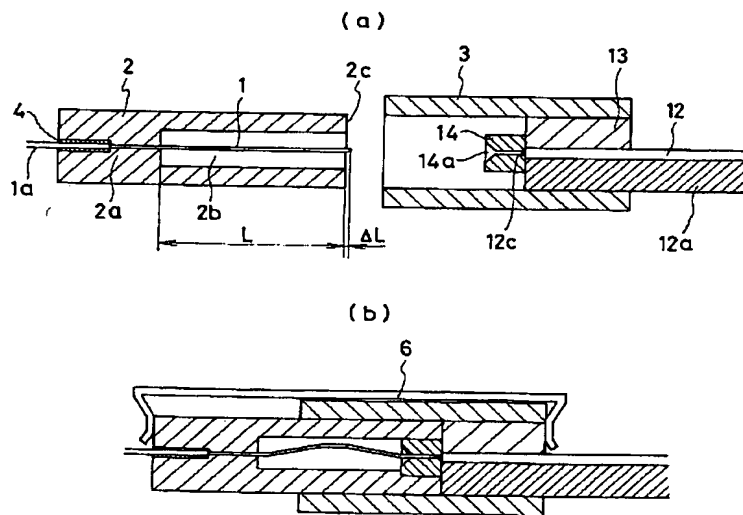
【図12】



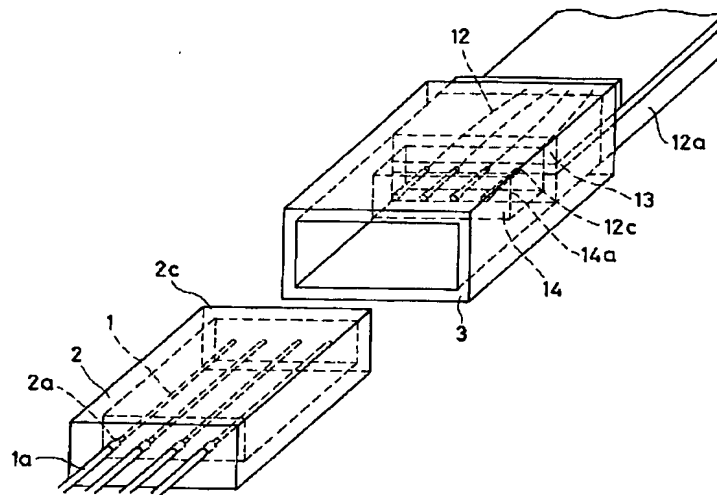
【図 11】



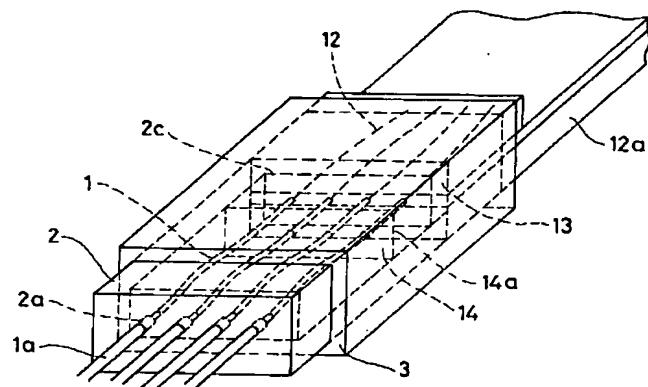
【図 14】



【図 15】



【図 16】



フロントページの続き

(72)発明者 三田地 成幸
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 竹内 善明
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内

(72)発明者 浅川 修一郎
東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本
電信電話株式会社内